植保會刊 18:147—160 (1976)

民國64年12月5日「水稻病蟲害
損失估計」研討會講稿

褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計[1]

Assessment of Rice Losses Caused by the Brown Plant Hopper and the Rice Green Leafhopper

鄭　清　煥[2]

C. H. Cheng

一、前言
二、為害機構及現象
三、產量損失估計
四、經濟為害水平
五、結語
六、參考文獻

摘要： 褐飛蝨及黑尾葉蟬為目前本省水稻之重要害蟲，兩者均以刺吸式口器自維管束吸取稻株養液為害，在發生密度高時，水稻因營養物質遭受嚴重消耗，以及組織受機械傷害阻碍正常養液之輸送功能，水份之代謝及葉部之同化作用等亦受連帶影響，因此在受害後往往急速枯萎。受害水稻除產量銳減外，米質亦深受影響。

水稻因褐飛蝨或黑尾葉蟬為害而引起之產量損失，因栽培品種、時期及害蟲為害密度而有很大差異。一般應用於估計損失方法可歸納為兩類，(1)應用害蟲發生數量推算可能引起之損失。(2)應用稻株被害程度推算產量損失。前者又可分別於室內盆栽測定及田間害蟲發生盛期時網補取樣推算，後者通常於成熟期按被害徵狀如煤污程度、葉枯情形、蝨燒時期 枯、死穗率、稔實率、倒伏程度等加以估計。本文中列舉兩種損失估計方法之實例及討論其利弊。

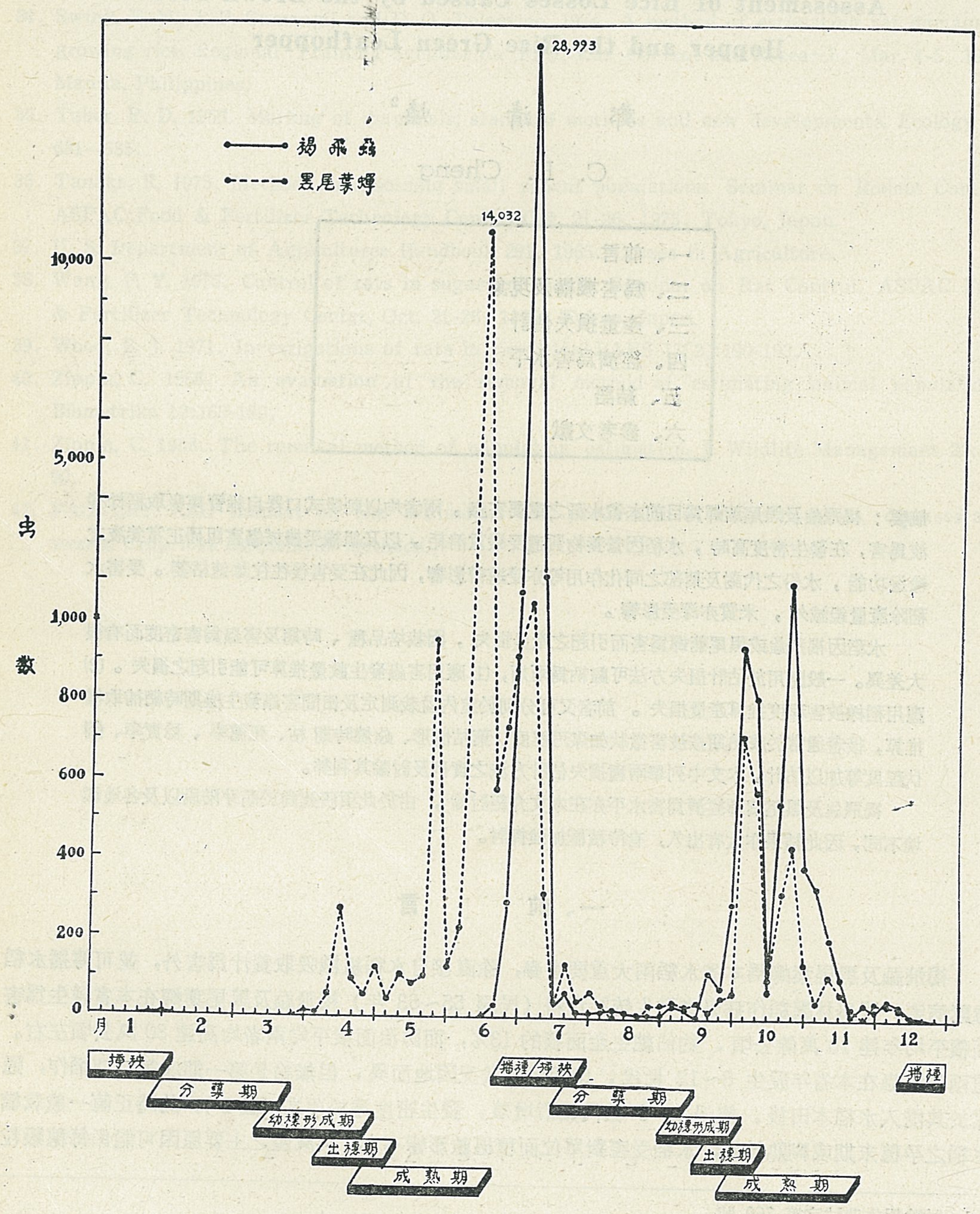
褐飛蝨及黑尾葉蟬經濟為害水平亦在本文介紹討論，由於此項研究尚於萌芽階段以及各地環境不同，因此結果亦大有出入，有待積極加強探討。

一、前　　言

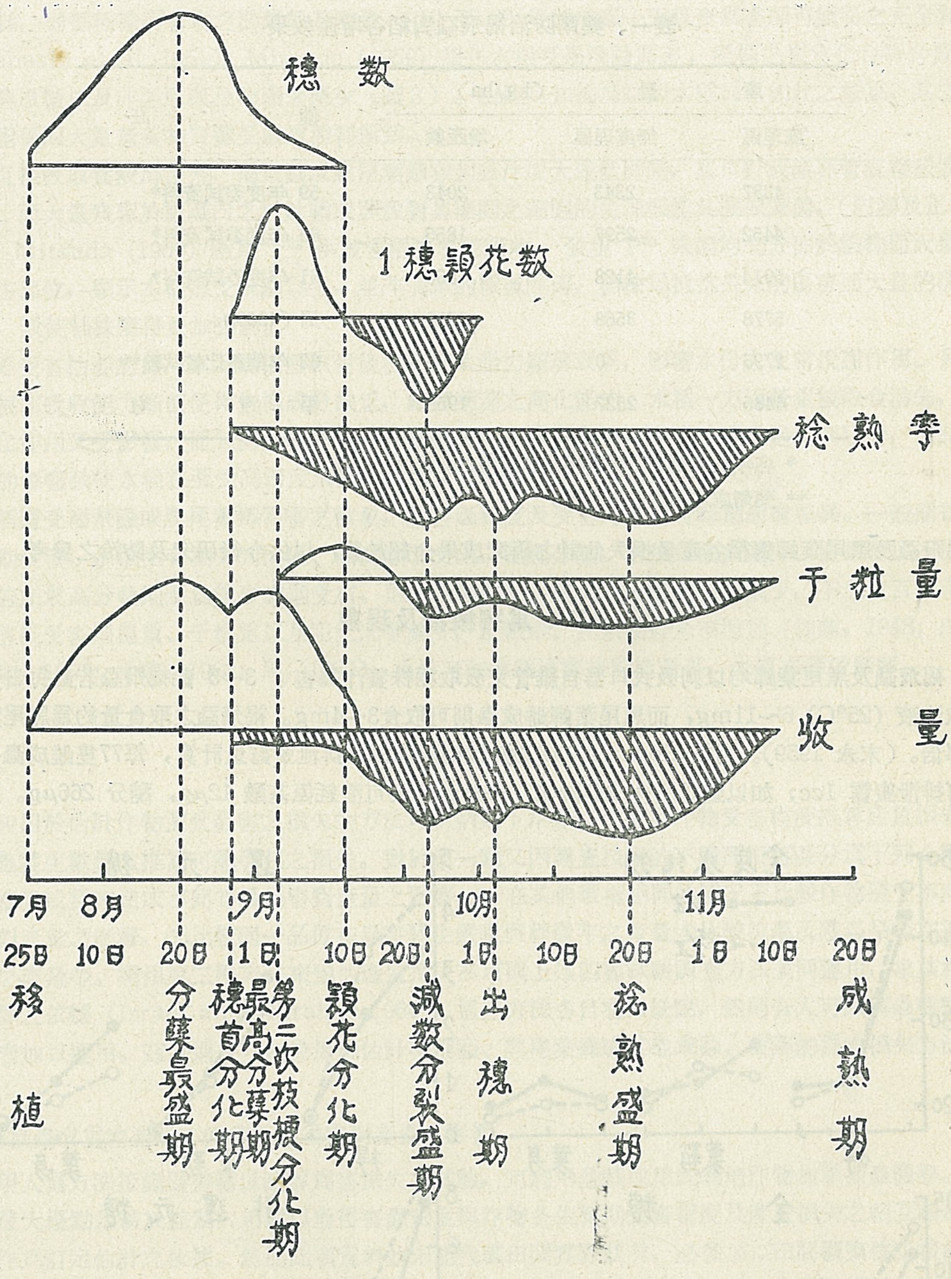
褐飛蝨及黑尾葉蟬為本省水稻兩大重要害蟲，除直接自水稻組織吸取養汁為害外，並可傳播水稻毒素病害。據農林廳稻作病蟲害發生統計資料（民國 55~63 年）褐飛蝨及黑尾葉蟬在本省發生為害面積平均年達 10 萬餘公頃，約佔總生產面積的 13%，而防治面積平均兩者均高達 80 萬公頃左右。這兩種害蟲在本省年發生 8~12 世代，田間發生狀況因地而異，但無論是第一期或第二期稻作，通常於其侵入水稻本田後，經過 2~3 世代繁衍增殖，發生密度達於頂峯（圖1）。此時正值一般栽植水稻之孕穗末期或糊熟始期，水稻受害對單位面積穗數影響不大，其減產之主要原因可能係每穗穀粒

1. 試驗報告農試字第 759 號
2. 臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所技正兼植物保護系主任。

數、稔實率以及千粒重受影響所致（圖2）。稻谷遭受上述兩種害蟲損失，迄至目前尚無正式統計資料，唯在褐飛蝨發生較嚴重之中南部地區，按歷年藥劑防治資料顯示，在無施用殺蟲劑情況下水稻褐飛蝨直接爲害之損失從 4～5% 至 90% 以上不等，平均每公頃稻谷損失高達 2000 公斤左右（表1）（周，1969；歷年褐飛蝨藥劑委試資料）。黑尾葉蟬對水稻直接爲害一向較少受到注意，其對稻谷



圖一、褐飛蝨及黑尾葉蟬發生期與一般水稻生育時期之關係（1974 嘉義地區誘蛾燈資料）



圖二、影響稻谷產量構成因子模式圖

產量之影響如何有待加以觀察。

近年來政府積極鼓勵稻米生產，又訂合理之收購保證價格，農民生產稻谷與趣大增，對稻作病蟲害防治亦因之加强。本省過去對蟲害防治大部僅注意及藥效，直至近年始漸加强經濟治蟲方法研究。害蟲棲群密度對植物的爲害以及其與產量及品質的相關資料是爲害蟲經濟防治之基本。玆將國內外有

表一、藥劑防治褐飛蝨對稻谷增產效果

產量 (kg/ha)			備註
處理區	無處理區	增產數	
4387	2343	2043	59 年度委試資料*
4452	2597	1855	60 年度委試資料*
5014	4128	866	61 年度委試資料*
5778	3568	2210	周 (1969)
2796	0	2796	63 年藥劑比較試驗**
4485	2527	1958	平均

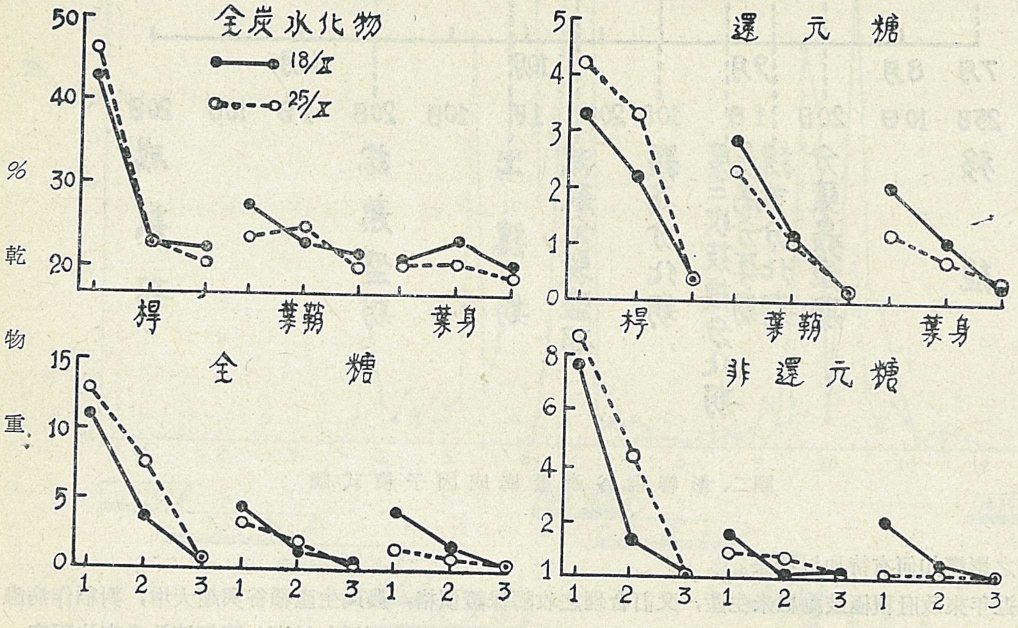
* 各年次藥劑委託試驗獲推荐藥劑處理產量平均值。

** 藥劑處理區產量平均值。

關褐飛蝨及黑尾葉蟬對稻谷產量損失估計之研究成果介紹於後，以供今後研究及防治之參考。

二、爲害機構及現象

褐飛蝨及黑尾葉蟬均以刺吸式口器自維管束吸取稻株養汁爲害。3～5 齡褐飛蝨若蟲每日平均可吸取汁液 (25°C) 6～11mg，而黑尾葉蟬雌成蟲則可取食3～4mg。褐飛蝨之取食量約爲黑尾葉蟬之2～4倍。(末永 1959)。另按 Sogawa (1973) 以褐飛蝨每日排泄蜜露量計算，每77隻雌成蟲平均每天可排泄蜜露 1cc；如以蜜露所含成分計算，每雌蟲每天可消耗氨基酸 12μg，醣分 266μg。這種驚



1. 無被害區。 2. 蝨燒邊緣區。 3. 蝨燒中央區。

圖三、褐飛蝨爲害與稻株內炭水化合物含量之變化 (三久，1959)

人的消耗，則每稻株所含有之游離氨基酸量，10 至 20 隻雌成蟲一天吸食爲害即可能將之完全耗盡（Takahashi et al. 1951）。Mitsuda (1959) 報告水稻受褐飛蝨爲害，稻株之炭水化合物含量、全糖、還原糖以及非還原糖量均顯著減少（圖 3）。由此可知褐飛蝨對水稻爲害如此之嚴重，其主要原因可能係因大量營養物質遭受嚴重消耗所致。

除直接吸取養液爲害外，褐飛蝨或黑尾葉蟬穿刺吸汁或大量產卵時，其口針或產卵管直接破壞組織細胞，而大量殘留於組織內之口針鞘或卵殼對其周圍之細胞的生理機能具機械障碍，（內藤及正木，1967）。Mitsuda (1959) 應用 P^{32} 供被害稻株根部吸收，發現 P^{32} 未能均勻分佈於稻株而大量蓄積於被害部位，顯示水稻遭受飛蝨爲害，並非簡單的機械障碍，稻株爲抵抗外來的傷害而大量的消耗其能量，致使稻株變得更加衰弱。

水稻受害枯萎的另一原因爲稻體衰弱後根部吸水能力顯著衰退，影響水份之正常代謝作用。另一方面於根部吸收能力降低使得無機成份缺乏，影響葉部之同化能力。水稻一方面營養被取食消失，一方面同化作用又受影響，而且同化之物質又因葉鞘受穿刺機械傷害，正常流轉輸送受到阻碍，如此複雜多重的影響致使水稻在遭受高密度飛蝨的侵害下，急速枯萎（Mitsuda 1959）。

水稻遭受褐飛蝨或黑尾葉蟬爲害之徵象，隨害蟲密度及受害時之生育時期而有差異。一般而言，生育早期受害，水稻生育相受到攪亂、株高顯著受阻，延遲分蘖，有效分蘖數減少，穗長變短，穗粒減少。若在最高分蘖期至幼穗形成期受害，則抽穗期延長，穗長及一穗谷粒數減少，不稔實百分率增加。抽穗後受害則穗重、千粒重以及完全米率減少，秕穀率、死米及碎米率增加（加藤，1948；田村，1957；陶，1967；中筋，1968；周，1969）。由此可知水稻遭害後除產量外，米質亦深受影響。

三、產量損失估計

一般用於估計作物遭受蟲害之損失的方法可歸納如下兩類：㈠應用作物受害程度推算產量損失㈡應用害蟲發生數量來推算可能引起之損失。對於第一類又因調查技術的不同而複可區分爲下列 4 種；⑴人爲接蟲或爲害造成不同等級爲害對產量之影響，⑵在其他環境相同的情況下比較作物遭受不同等級爲害對產量之影響，⑶比較同一品種在蟲害發生嚴重與輕微年之產量⑷比較抗蟲及感蟲品種在遭受蟲害後之產量等。運用第二種方法來預估產量損失亦可與上述四種試驗調查方法並同運用，求其相關作爲推算之依據（Israel and Ahrahan 1964）。這些方法各自有其缺點，然則吾人可因害蟲種類擇其適當者加以運用。茲將過去一般使用於估計褐飛蝨、黑尾葉蟬或其他飛蝨、葉蟬的爲害損失方法介紹如下：

1. 人爲接蟲或爲害造成不同等級的爲害對產量之影響

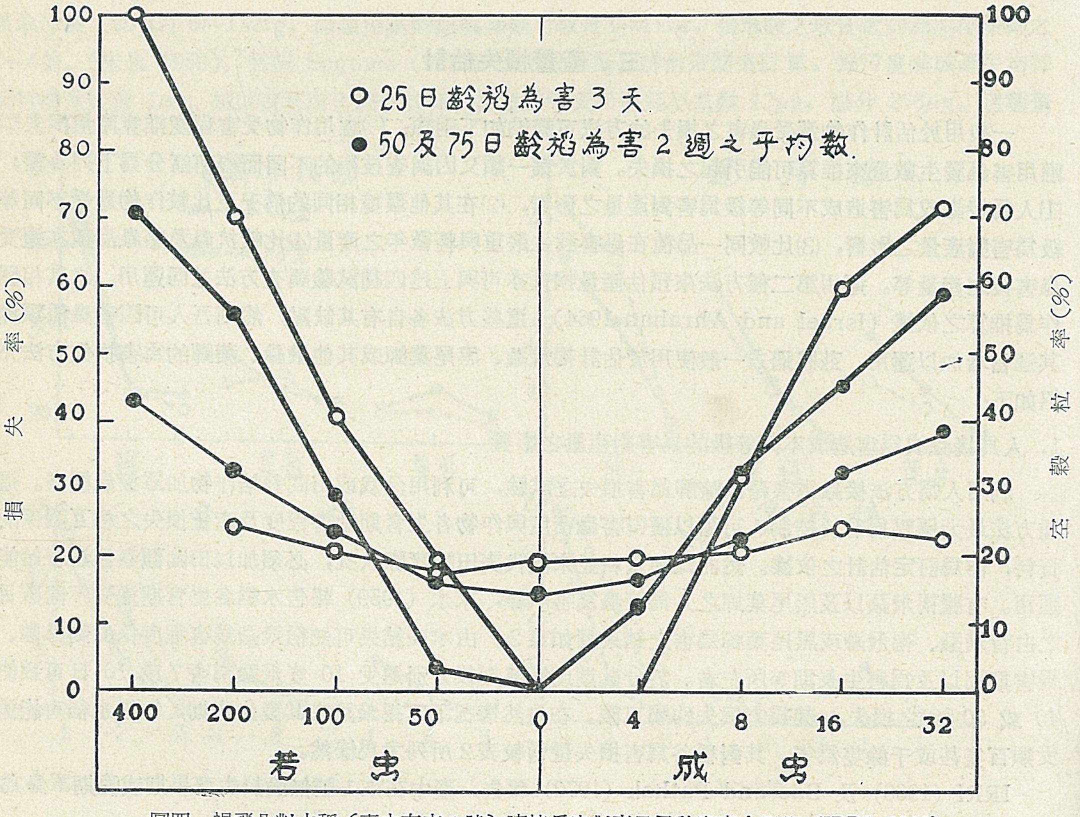
利用人爲方法接蟲爲害藉以瞭解爲害損失之試驗，可利用盆栽或田間栽培作物加罩接蟲觀察。這種方法最大優點爲易於控制，可藉以獲得害蟲密度與作物各生育期受害程度及產量損失之相互關係的資料，作爲訂定估計之依據。然而此項資料並未能代表田間實際狀況，必須加以田間觀察修正後始能應用。有關褐飛蝨以及黑尾葉蟬之人爲接蟲爲害試驗，末永 (1959) 報告水稻各生育期遭受不同數目之白背飛蝨、褐飛蝨或黑尾葉蟬爲害之結果列如表 2。由本表結果可知稻飛蝨爲害程度係受到蟲數、爲害期間以及爲害生長期等所左右。於分蘖期或抽穗期後分別遭受 10 隻飛蝨爲害 7 或 10 日可致使 40 或 50% 之損失，其爲害損失殊屬可觀。在自然情況下，褐飛蝨在其發生盛期，每欉水稻可能遭受類百隻甚或千餘隻爲害。其對稻谷爲害損失量當較表 2 所列尤爲慘然。

IRRI (1966) 及 Bae and Pathak (1970) 報告，臺中在來 1 號無論於生育早期或晚期罩蟲爲

表二、白背飛蝨與褐飛蝨、黑尾葉蟬爲害對水稻減收率之關係（末永，1959）

蟲 別	爲 害 時 期	接蟲數／株	爲害期間	被 害 徵 象	減 收 率
白背飛蝨	分 蘗 期	10隻	7日以上	下 葉 變 黃 下 葉 枯 死	10 % 以 上 40 % 以 上
	幼 穗 形 成 期	50隻 100隻	5日以上	下 葉 變 黃 下 葉 枯 死	20 % 以 上 30 % 以 上
	孕 穗 期 以 後	100隻	5日以上	劍葉及穗發生煤汚病	20 % 以 上
褐飛蝨	分 蘗 期	10隻	7日以上 7日以上	下 葉 變 黃 下 葉 枯 死	10 % 以 上 40 % 以 上
	抽 穗 期 以 後	10隻 50隻	10日以上 14日以上	半 倒 伏 倒 伏 ， 枯 死	50 % 以 上 80 % 以 上
黑尾葉蟬	孕 穗 期 以 後	10隻	10日以上	稻 桿 減 短 稻 葉 汚 黑	10 % 以 上

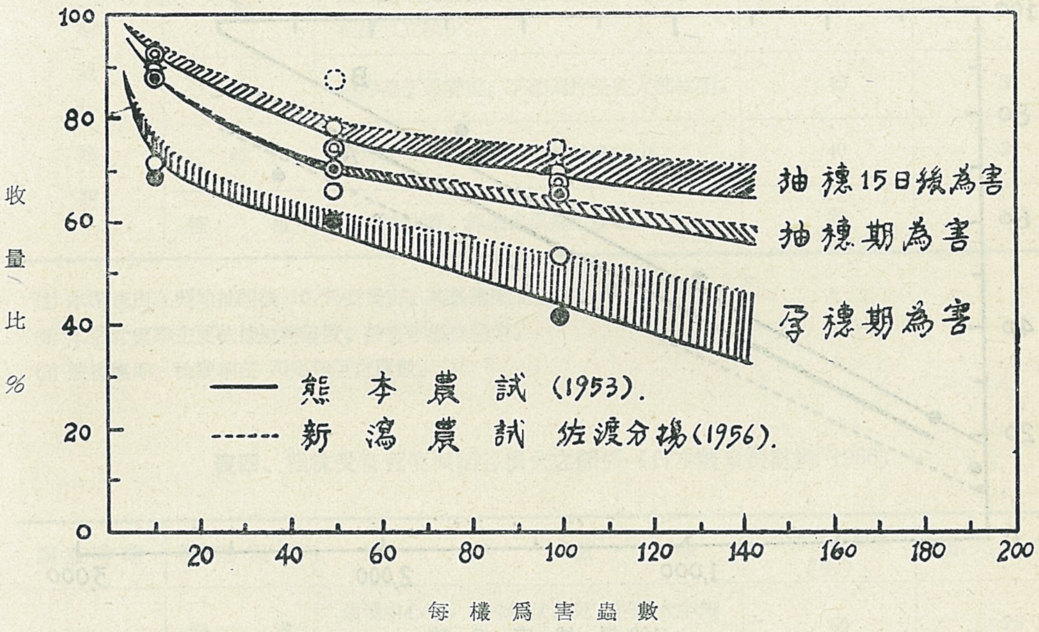
害均將影響其產量與品質（圖4）。由稻谷受害損失率判斷，50或75日齡稻每欉可容忍褐飛蝨一齡若蟲 50 隻或成蟲4隻爲害 2 週而不會顯著地影響其產量；25 日齡稻遭受同蟲樣數爲害3天亦不會引起嚴重損失，但如蟲數增多或爲害時期延長則可能對產量有明顯的影響。另一方面 IRRI (1973) 以



圖四、褐飛蝨對水稻（臺中在來1號）直接爲害對產量及稔實率之影響（IRRI, 1966）

IR22 各生育期罩不同蟲數之褐飛蝨爲害，其結果認爲 IR22 生育期在 40 日齡以後每欉水稻可容忍 100 至 200 隻若蟲爲害 14 天而不會影響水稻之產量。上述三個試驗所獲結果差異頗大，其原因可能因所用試驗水稻品種對褐飛蝨爲害容忍性差異及其他環境因子不同的影響所致。

黑尾葉蟬直接爲害水稻所造成的損失亦經在室內或控制環境下觀察。末永（1959）按日本新潟農試場佐渡分場（1956）及熊本農場（1953）將不同密度黑尾葉蟬罩於不同水稻生育期爲害 37 日，其間若有增殖或減少則用人工除去或補足，結果示如圖 5。本項試驗結果因使用固定蟲數，並不能代表



圖五、黑尾葉蟬爲害蟲數對稻谷產量之影響（末永，1959）

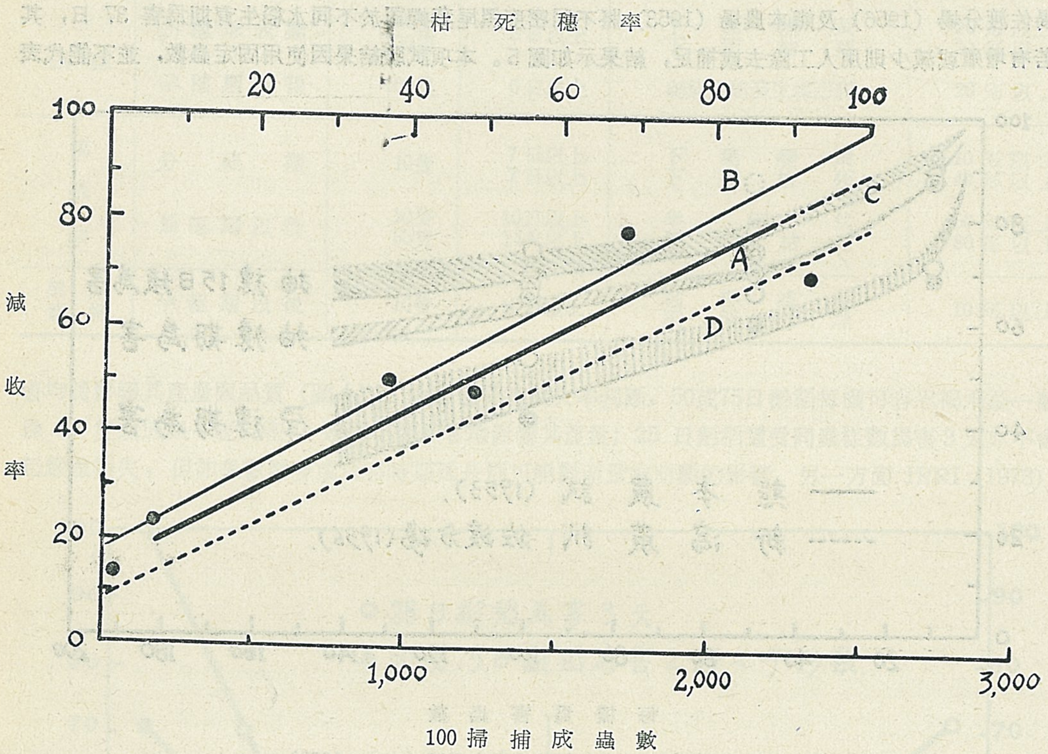
田間實際情況，然而比較三個水稻生育期受害結果顯示孕穗期遭受爲害影響稻谷損失最大，抽穗後稻谷受害損失逐漸下降。由新潟及熊本農試場的試驗結果表示，水稻在孕穗期平均每欉遭受黑尾葉蟬 10 隻爲害可影響產量 10～30%。另一方面中筋等（1968）及田村（1957）以盆栽水稻罩蟲爲害，發現於抽穗後每欉水稻受 20 隻爲害區，其稻谷之稔實率及千粒重顯著受影響。

IRRI（1973）以 IR22 之不同生育期稻罩以不同數目之黑尾葉蟬爲害 2 週，結果認爲水稻分蘖期及孕穗末期遭受黑尾葉蟬爲害最爲敏感，其他生育時期則每欉可容忍 10～100 隻若蟲爲害 2 週而不會顯著地影響稻谷產量。自然界稻田很少有似上述高密度，因此黑尾葉蟬直接爲害被認爲並不重要。

2. 發生蟲數密度與產量損失之關係

稻飛蝨與黑尾葉蟬之發生棲群密度一般而言均隨水稻之生育成長而增進。若以單位面積或取樣單位蟲數爲估計產量損失之基準則應於何時取樣將是最大問題。在人爲環境下褐飛蝨與黑尾葉蟬接蟲數與產量損失之關係已如上述，在自然棲群發生爲害情況下，野村（1949）及其他農試場（末永，1959）發現於褐飛蝨發生盛期（造成蝨燒世代）以捕蟲網在田間對角掃捕 100 次所獲之蟲數與水稻產量損失之關係示如圖 6。損失率之計算約爲 100 網捕蟲數之 3.5%＋10%（深谷等，1963），如 100 網捕的捕蟲數 250 隻，稻谷損失率在 10～20% 之間；捕蟲數 1000 隻，稻谷損失率約在 40～50%。

此項結果值得注意的是每蟲網可捕 2～5 隻時田間褐飛蝨棲群密度頗低，不易引起農民注意防治，但其所造成的損失却高達 20～30％。另一方面從圖中四處調查結果的差異相當接近，可見應用此項方法來預估稻谷損失率亦頗爲隱定。



圖六、褐飛蝨發生密度及稻谷產量減收率之相關（末永，1959）
A. 野村（1949）。　B. 中部近畿地區農試（1952）。
C. 九州農試（1957）。　D. 關山東山地區農試（1952）。

3．自然爲害情況下比較遭受不同等級之爲害徵象與產量之關係

本方法爲調查被害損失最常使用的方法（日本農林省統計資料 1968），水稻損失率係根據稻株被害徵象如枯死穗率、稔實率及倒伏程度等計算而得。按日本農作物被害調查資料8（1949）以水稻受害倒伏程度爲估計標準，全倒伏者減收率 80％以上，倒伏 80％者減收率 70％以上，倒伏 60％者減收 50％以上，無倒伏而蟲多，稻株受害外觀不好者減收 20～30％左右。此種估計方法由於受害田水稻倒伏度難予估計，且水稻若在稔實前受害，稻穗直立不倒伏其減收率勢難按上述標準估計。日本岐阜農試場（1966）（按日本農林省資料 1968）根據稻株被害度區分爲嚴重、重、中、輕及輕微等5級（表3，表4），受害嚴重者，水稻受害枯萎、稔實率低，損失程度 75～80％；重者水稻亦受害枯萎，但稔實率稍高，損失率在 65～70％；受害中等者下部葉片大部枯萎稻桿莖部嚴重黑變，損失率爲 45～50％；受害輕者，下部莖葉枯萎者少，但稻桿基部受害顯著地變黑，損失率約爲 30～35％；受害輕微者則雖稻桿受害變黑可辨，但莖葉則無枯萎現象，其損失率約爲 10％。

表三、稻株受害程度與稻谷損失之關係（日本岐阜農試場 1966）

調查時期	被害程度	被害徵象	被害穗率（%）	損失率（%）
乳熟期至黃熟期	嚴重	葉片由基葉至劍葉完全枯萎，稻桿矮化，稻穗幾全直立。	90	80
	重	葉片由基葉至劍葉完全枯萎，稻桿矮化，稻穗直立較少。	70	65
	中	稻桿基部黑變重，下部葉片受害大部枯萎。	45	50
	輕	稻桿基部黑變明顯，莖葉枯萎較少。	40	35
	輕微	莖葉無枯萎，桿基部黑變可辦認。	25	10

(1) 本調查田在開始抽穗後 10 天受爲害，其後施藥完全防治。

(2) 本估計標準主要依據被害程度，被害率僅供參考。

(3) 被害穗率：稔實率在 70%以下之穗數。

表四、稻株受害程度與稻谷損失之關係（日本岐阜農試場 1966）

調查時期	被害程度	被害徵象	不完全谷粒率（%）	損失率（%）
成熟期	嚴重	蝨燒中心部，稻株倒伏枯死，稻穗大半無稔實谷粒。	60	75
	重	蝨燒圈內無倒伏，稻穗受害略輕。	45	70
	中	蝨燒周邊，下葉枯萎，稻桿基部變黑重。	30	45
	輕	稍離蝨燒圈，下葉枯萎少，稻桿基部變黑明顯。	20	30
	輕微	莖葉無枯萎，桿基部變黑可辦認。	10	10

1. 被害時生育期，乳熟初期。
2. 本估計標準主要根據水稻被害程度，而不完全谷粒率僅供參考。
3. 不完全谷粒率：不完全谷粒數/全谷粒數×100。

利用野村（1951）（按日本農林省資料 1968）調查褐飛蝨爲害損失所製成的損失估計標準示如表5。表中所列稻株受害程度係以枯死穗率，穗被害程度以及倒伏程度爲依據，稻谷產量損失可用複直線廻歸方程式 $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3$ 表示，x_1 爲枯死穗率，x_2 爲穗被害程度，x_3 爲倒伏程

表五、褐飛蝨爲害損失估計標準 (野村 1951)

被害程度			損失率 (%)
枯死穗率 (%)	穗被害程度	倒伏程度	
100	70	50	80
100	50	40	70
70	50	40	65
70	40	30	55
50	40	30	50
50	20	20	40
30	20	20	30
10	10	10	20
5	5	5	15

(1) 被害時生育期: 抽穗期後。

(2) 枯死穗率: (Σ 枯死穗/調查全穗數)×10。

(3) 穗被害程度: 以株爲單位, 無被害爲 0, 完全不稔爲 100, Σ 調查株指數/調查全株數。

(4) 倒伏程度: 株直立者爲 0, 穗端着地者爲 100。

度, y 爲減收量。野村 (1951) 利用其調查資料計算出稻谷因褐飛蝨爲害之損失率爲 $y=10.898+0.126x+0.470x_1+0.306x_2$。

日本長野統計調查事務所 (1966) (按日本農林省調查資料 1968) 更進一步根據蝨燒發生時水稻生育時期以及穗稔實程度 (%), 枯死穗數率、莖葉枯死程度以及倒伏度等製成表6, 使其在估計損失的運用範圍更加濶大, 並使計值更趨精確。

表六、水稻受褐飛蝨爲害程度與稻谷損失之關係

		穗稔實率 (%)	90	80	70	60	50	40	30	20	10
被害指數	蝨燒圈內稻穗稔實程度約爲 50%	倒伏程度	0	1	2	2	3				
		莖葉枯死及變色程度	1	2	2	3	4				
		枯死穗率 (%)	10	10-30	10-30	40-90	100				
	蝨燒圈內稻穗稔實程度約爲 30%	倒伏程度	0	0	1	1	2	2	3		
		莖葉枯死及變色程度	1	1	1	2	2	3	4		
		枯死穗率 (%)	10	10	10-30	10-30	40-90	40-90	100		
	蝨燒圈內稻穗稔實程度約爲 0	倒伏程度	0	0	0	1	1	1	2	2	3
		莖葉枯死及變色程度	1	1	1	1	2	2	2	3	4
		枯死穗率 (%)	10	10	10	10-30	10-30	10-30	40-90	40-90	100
損失率 (%)			10	25	35	45	55	65	75	85	95

(1) 被害生育期: 抽穗期後, (2) 穗稔熟率: 被害穗稔熟率/無被害穗稔實率×100, 一般用直接判斷之。(3) 倒伏程度: 0 爲直, 1. 稍斜, 2. 半斜, 3. 穗尖着地 (4) 莖葉枯死及變色程度: 0. 劍葉, 莖 100% 生存, 第3葉部份生存, 莖變色非常輕微, 1. 劍葉莖之生存率 90%, 第2葉之生存率達 25%左右, 莖中部變色, 2. 劍葉、莖之生存率 50%, 第2葉部份生存, 莖中部以上變色, 3. 劍葉、莖之生存率 25%, 莖上部變色, 4. 莖及葉完全枯死變色, (5) 枯死穗率: 枯死穗數/調查穗數。

本分所利用藥劑效果比較試驗，各試驗小區因藥效及褐飛蝨棲群分佈之差異所造成之不同等級爲害與其產量之關係示如圖 5。被害等級係按水稻遭受褐飛蝨爲害之外觀而加以區分，0：無被害徵象，1：莖葉無枯萎現象，稻桿基部微變黑，2：稻桿基部變黑明顯，下部葉片受害 ⅓ 枯萎，3：稻桿基部受害嚴重變黑，下部葉片 ⅔ 枯萎，4：劍葉枯萎 ½，下部葉片完全枯死，稻穗 ⅓ 直立，5：莖葉完全枯死，稻穗受害 ½ 以上直立。水稻產量係經晒乾後換算爲公頃產量。從此項稻株被害等級與產量相關之廻歸直線顯示水稻於孕穗期至乳熟期間遭受高密度爲害時每增加一個被害等級可損失稻谷達 1000 至 1300 餘公斤，損失率約爲 18% 左右。

水稻在田間受黑尾葉蟬爲害訖無造成蝨燒情況，對其直接爲害水稻尚少受到注意。田村 (1957) 報告黑尾葉蟬如未加防除可構成 20% 左右損失。這個損失值與新瀉農試人工接蟲試驗 (1956) 平均每欉稻接蟲 10 隻爲害所引起之損失值相近似。在本省第一期作水稻孕穗期間，黑尾葉蟬發生密度頗高，於此期間施用藥劑防治一次，可增加產量達 10% 以上（鄭未發表資料）。

四、經濟爲害水平

所謂經濟爲害水平 (Economic injury level, EIL) 係指某一害蟲足以引起經濟損害的最低棲群密度 (Pedigo, 1972,)。嚴、桐谷 (1973) 稱經濟爲害水平含有被害容許界限（水平）及被害容許密度兩種意義，在實際應用上亦即指要否防除的界限。理論上一種害蟲之經濟爲害水平係根據作物的市場價格，防治成本以及植物或害蟲的環境而變異。通常作物的市場價格及防治成本是經常變動，而作物品種間或各生育期對害蟲之容忍程度亦不相同。因此在從事害蟲之經濟爲害水平，首先應選出幾個對害蟲爲害具有不同程度之容忍性的代表品種，測定其各主要生育期遭受不同棲群密度爲害對產量的影響，然後再根據作物價格及防治成本計算經濟爲害水平 (Michael, et. al 1974)。有關褐飛蝨與黑尾葉蟬的經濟爲害水平之研究，目前仍在萌芽階段。玆就現有之研究成果介紹如下：

IRRI (1973) 於盆栽及田間試驗結果發現大部份水稻生育期每稻株可容忍 5～15 隻褐飛蝨若蟲爲害 1～2 週而不會顯著地影響產量。因此認爲褐飛蝨之經濟爲害水平應爲每欉 100～200 隻若蟲爲害 2 週左右。然而在其另一試驗，却人爲地訂定褐飛蝨經濟爲害水平爲每稻株若蟲 2 隻（每欉約爲40隻左右）或每欉水稻平均黑尾葉蟬 20 隻。(IRRI 1973, Dyck 1974)。另一方面非律賓褐飛蝨緊急防治 (1973) 訂定立即防治標準爲 30 日齡以內稻每欉 5 隻而 30 日齡以上爲 20 至 25 隻。由此可見在非律賓對褐飛蝨及黑尾葉蟬經濟爲害水平仍未有具體的決定。

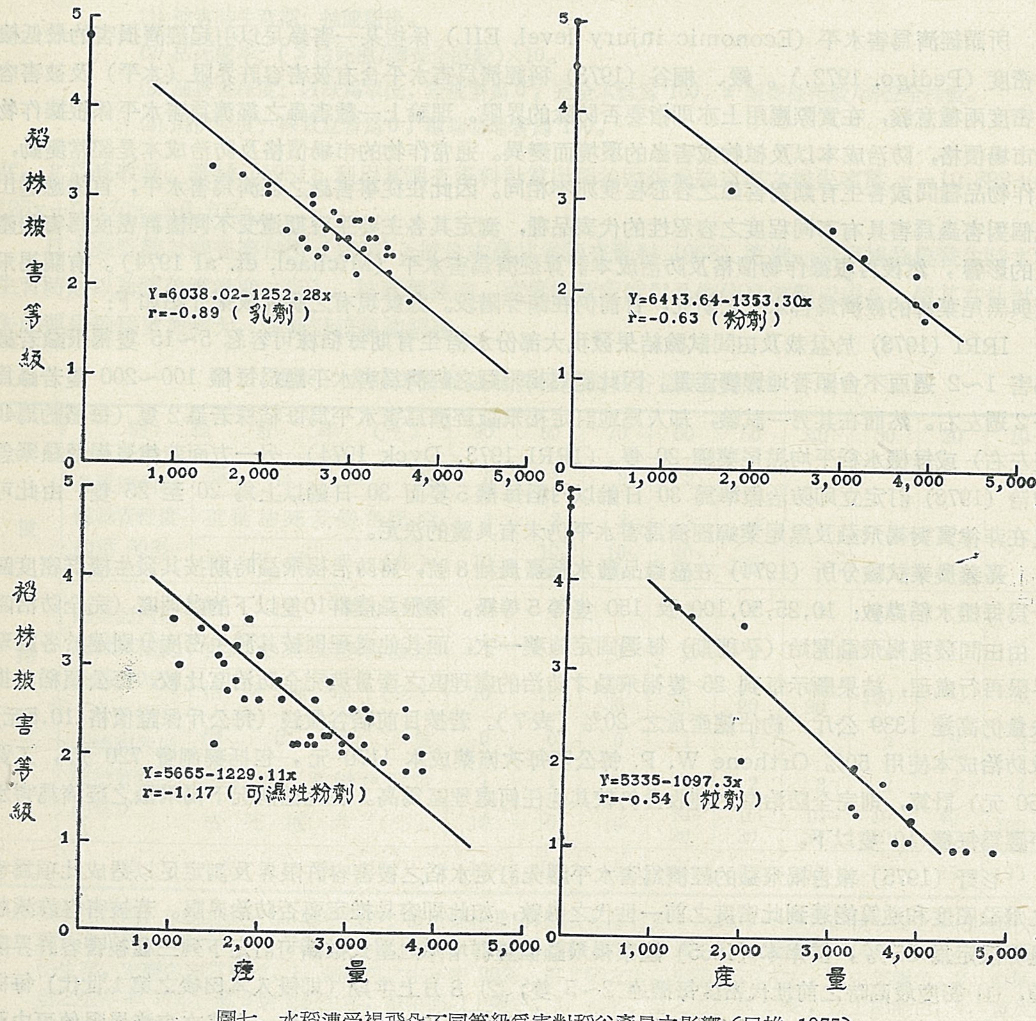
嘉義農業試驗分所 (1974) 在感蟲品種水稻嘉農秈 8 號，將防治褐飛蝨時期按其發生棲群密度區分爲每欉水稻蟲數：10,25,50,100 及 150 隻等 5 等級。褐飛蝨棲群10隻以下的處理區（完全防治區）由田間發現褐飛蝨開始（孕穗期）每週固定施藥一次，而其他處理則按其發生密度分別達於各處理界限再行處理，結果顯示每到 25 隻褐飛蝨才防治的處理區之產量與完全防治區比較，每公頃稻谷損失量仍高達 1339 公斤，約佔總產量之 20%（表 7）。若按目前稻谷價錢（每公斤保證價格 10.5元）及防治成本使用 50% Orthene W. P. 每公頃每次施藥成本 1170 元，包括藥劑費 720 元，工資 450 元）計算，則完全防治區之純收益仍較其他任何處理區爲高。在此種情況下褐飛蝨之經濟爲害水平應爲每欉 10 隻以下。

杉野 (1975) 報告褐飛蝨的經濟爲害水平應先訂定水稻之被害容許限界及測定足以造成此項爲害之飛蝨密度和逆算能達到此密度之前一世代之蟲數，如此即容易推定要否防治界限。若被害容許減收量界限定爲 35%，按岸本 (1965) 觀察褐飛蝨個體群增殖之型式推斷可訂定下列三種被害容許界限值，⑴ 密度最高時之前世代密度每欉達 2～5 隻；⑵ 8 月上半期（即侵入本田後之第 1 世代）每欉最高寄生蟲數 3 隻；⑶ 8 月上半期短翅蟲密度，每欉達 0.25～0.33 隻。上述之容許界限值可由褐

表七、在不同褐飛蝨棲群密度施藥對水稻產量之影響（嘉縣 1964）

最高棲群密度界限	全期施藥次數	稻谷產量（kg/ha）	損失百分率（%）
10	8	6505.3	—
25	4	5166.0	25.09
50	2	4816.5	25.27
100	1	4764.0	26.77
150	1	4723.5	27.39

飛蝨侵入稻田世代之數量及環境因素藉直線廻歸方程式求之，因此褐飛蝨能否達於被害容許密度在早期即能預測並設法防患。



圖七、水稻遭受褐飛蝨不同等級爲害對稻谷產量之影響（民雄 1975）

五、結 語

水稻的產量是受其本身及環境多種因子所影響，而其遭受褐飛蝨或黑尾葉蟬爲害所引起之生理反應以及導致產量損失之過程相當複雜，因此對這兩種害蟲爲害引起之產量損失到目前事實上尙無一種簡易而精確的估計標準可供其共同應用。

綜合上述研究結果，對於褐飛蝨爲害損失之估計一般仍以應用稻株受害程度之徵象爲依據較爲理想。這種方法因係稻株各期遭受爲害的總表現，利用之爲估計依據當較其他方法爲合理。但在自然界植株受害徵象常遭其他病蟲之爲害而受影響，於取樣估計時必須留意以免受到干擾而失去準確性。

估計水稻遭受害蟲之損失在消極方面並不重要，但在積極方面吾人可進一步建立害蟲爲害密度、植株受害程度徵象 以及產量與品質 等之損失的相互關係，如此才能防治害蟲於 可能發生經濟爲害之前，即所謂的訂定經濟爲水平，以達經濟治蟲的目標。本省有關病蟲爲害損失估計及經濟爲害水平之訂定的研究目前還在開始階段。對於田間害蟲之發生和棲群變動之生態以及其爲害所構成之損失應有系統的觀察，相信於連續三、四年之探討研究後，對於各種主要稻作害蟲之經濟爲害水平將能分別加以訂定。

六、參 考 文 獻

1. 三田久男. 1959.〔飛蝨對水稻之爲害〕(日文)，植物防疫 13(7):307-310.
2. 內藤篤、正木十二郎. 1967.〔黑尾葉蟬攝食行動之研究. 第一報，口針插入寄主植物〕(日文) 應動昆 11:50-56.
3. 中筋房夫、野村性孝. 1968.〔黑尾葉蟬的爲害〕(日本)，四國植物防疫研究 3:21—26.
4. 田村市太郎. 1957.〔作物害蟲爲害查定—水稻被黑椿象及黑尾葉蟬爲害查定〕(日文)，植物防疫11(2):79-82.
5. 末永一. 1959.〔飛蝨及葉蟬類爲害機構及減收量查定方法〕(日文)，日本應用動物昆蟲學會第 3 回研討會
6. 臺灣省植物保護工作總報告. 臺灣省農林廳 56-63 年.
7. 臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所年報. 1974. P. 137.
8. 日本農林省農本經濟局統計調部. 1968.〔夏作減收推定尺度〕(日文)，P. 222-239.
9. 加藤陸奧雄. 1948.〔蟲害解析資料〕(日文)，農業及園藝 23(8):431-433.
10. 杉野多萬司. 1975.〔稻作害蟲之經濟爲害水平〕(日文)，植物防疫 29(7):263-267.
11. 周文德. 1969. 褐飛蝨生態考查及藥劑防治初步試驗，臺灣農業 5(3):128-141.
12. 河田黨. 1951.〔飛蝨發生及防除法〕(日文)，農業及園藝 26(8):861-864.
13. 岸本良一. 1965.〔褐飛蝨多型現象及其在個體群增殖過程所扮演角色〕(日文)，四國農業試驗場報告 13:1-106.
14. 松島省三. 1966.〔稻作診斷及增收技術〕(日文)，日本農山漁村文化協會出版。
15. 野村健一. 1949.〔飛蝨爲害對水稻減收估計方法〕(日文)，農作物被害調查資料 8 。
16. 陶家驊. 1967. 稻作害蟲防治與稻谷增產問題之研討，糧農經濟研究 9:1-7.
17. 深谷昌次等. 1963.〔飛蝨類爲害查定法〕(日文)，昆蟲實驗法，日本植物防疫學會出版，P. 613-16.
18. 鈴木忠夫. 1967.〔水稻抽穗期前後受褐飛蝨爲害解析〕(日文)，北陸病害蟲研究會報 44-46.
19. 植物保護試驗報告. (委託試驗部份) 臺灣省農林廳及臺中農業改良場編印，民國 61,60,59,58 年。
20. 嚴俊一、桐谷圭治. 1973. 深谷昌次、桐谷圭治編「綜合防除」講談社 39-96.
21. Annual Reports, International Rice Research Instute, 1966, 1972, and 1973.
22. Bae, S. H. and M. D. Pathak. 1970. Life history of *Niaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Entom. Soc. America 63 (1):149-155.

23. Dyck, V. A. 1974. Recent advances in the integrated control of insect pests of rice. A paper presented at the Intern. Rice Res. Conf 1974. IRRI, Philippinees.
24. Israel, P. and T. P. Abraham. 1967. Techniqes for for assessing crop losses caused by ricc stem borers in tropical areas. The major insect Pests of rice plant. By the Johns Hopkins Press. Baltimore, Maryland, P. 265-275.
25. Michael, 0. 0. and L. P. pedigo. 1974. Economic injury levels of the potato leafhopper on soybean in Iowa. J. Econ. Entom. 67(1):29-32.
26. Pedigo, L. P. 1972. Economic levels of insect pests, 24th Ann. Fertilizer and Agric Chem. Dealer Conf. Ia. Coop. Ext. Sery. Publ. Ec 713. 4p.
27. Sogawa, 1965. Effect of plant growth hormones on the activity of invertase of the alimentary canal of *Nephotettix cincticeps* Uhler (Homoptera: Cicadellidae). Jap. Jour. Appl. Ent, Zool. P. 135-137.
28. Sogawa, K. 1973. Feeding behavior of the brown planthopper and brown planthopper resistance of indica rice Mudgo. Bulletin No. 4 Lab Appl. Entom. Nagoya Unvi., Japan PP. 151.
29. Takahashi, J., N. Murayama, M. Osima, M. Yoshino, M. Yanagisawa, M. Kono and S. Tsukahara. 1951. Influence of the amount of application of nitrogen fertilizer upon the composition of paddy rice plant. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. B, No. 4:85-122.
30. Tao, C. H. and J. M. Yu. 1967. The influence upon rice quality in applying certain insecticides against the brown planthopper. Food & Agric. Econ. Rev. 11:1-5.